

# 苹小卷叶蛾在四种寄主植物上的生长发育及繁殖

孙丽娜, 仇贵生\*, 张怀江, 闫文涛

(中国农业科学院果树研究所, 辽宁兴城 125100)

**摘要:**【目的】研究阐明不同寄主对苹小卷叶蛾 *Adoxophyes orana* 生长发育及繁殖的影响。【方法】在室温  $26 \pm 1^\circ\text{C}$ , RH  $80\% \pm 5\%$  和光周期 16L:8D 条件下,以桃 *Amygdalus persica*、苹果 *Malus pumila*、李 *Prunus salicina* 和杏 *Armeniaca vulgaris* 4 种果树叶片为食料,观察苹小卷叶蛾实验种群生长发育特性和繁殖能力,组建实验种群生命表。【结果】苹小卷叶蛾在桃、苹果、李、杏上生长发育和繁殖存在显著差异。全世代的发育历期在苹果上最短,为 34.44 d;在李上最长,为 38.37 d。取食桃的蛹重最重(28.25 mg/蛹),取食李的蛹重最轻(17.93 mg/蛹)。世代存活率在桃和苹果上较高( $\geq 60.00\%$ ),在李和杏上较小(分别为 45.00% 和 50.00%)。在桃上产卵最多(96.15 粒/雌),在杏上最少(68.15 粒/雌)。生命表参数表明,净增殖率以桃上为最高(23.20),杏上最低(11.66);内禀增长率也以桃上为最高(0.0953);世代平均周期则以李上最长(35.72 d);种群加倍时间以桃上最短(7.29 d),杏上最长(9.79 d)。【结论】4 种寄主植物中,桃和苹果较适宜苹小卷叶蛾幼虫的发育及繁殖。

**关键词:** 苹小卷叶蛾; 寄主植物; 果树; 生长发育; 繁殖; 生命表参数

中图分类号: Q968 文献标识码: A 文章编号: 0454-6296(2015)01-0053-07

## Growth, development and reproduction of the summer fruit tortrix moth, *Adoxophyes orana beijingensis* (Lepidoptera: Tortricidae), on four host plants

SUN Li-Na, QIU Gui-Sheng\*, ZHANG Huai-Jiang, YAN Wen-Tao (Research Institute of Pomology, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Xingcheng, Liaoning 125100, China)

**Abstract:** 【Aim】 This study aims to ascertain the influence of different host plants on development and reproduction of the summer fruit tortrix moth, *Adoxophyes orana*. 【Methods】 The developmental duration and reproduction of the pest feeding on four host plants including peach (*Amygdalus persica*), apple (*Malus pumila*), plum (*Prunus salicina*) and apricot (*Armeniaca vulgaris*) were observed under laboratory conditions of  $26 \pm 1^\circ\text{C}$ ,  $80\% \pm 5\%$  RH and a photoperiod of 16L:8D, and the life tables were constructed. 【Results】 The results showed that *A. orana* exhibited significant differences in the development and reproduction among the four host plants. The developmental duration of *A. orana* from egg to adult was the shortest on the apple (34.44 d) and the longest on the plum (38.37 d). The heaviest pupa was on the peach (28.25 mg/pupa) and the lightest was on the plum (17.93 mg/pupa). The higher survival rates of *A. orana* from egg to adult were found on the peach and apple ( $\geq 60.00\%$ ), while the lower survival rates were found on the plum and apricot, which were 45.00% and 50.00%, respectively. Female adults reared on the peach laid more eggs (96.15 eggs/female) than on the other host plants, and those reared on the apricot laid the fewest eggs (68.15 eggs/female). The net reproduction rate ( $R_0$ ) of *A. orana* was the highest on the peach (23.20) and the lowest on the apricot (11.66). The intrinsic rate of increase ( $r_m$ ) of *A. orana* was the highest on the peach (0.0953). The mean generation time ( $T$ ) of *A. orana* was the longest on the plum (35.72 d). The doubling time of *A. orana* was the longest on the apricot (9.79 d), and the shortest on the peach (7.29 d). 【Conclusion】 The development and reproduction of *A. orana* are better on the peach and apple among the four host plants.

**Key words:** *Adoxophyes orana*; host plant; fruit trees; growth and development; fecundity; life table parameters

基金项目: 中央级基本科研业务费预算增量项目(2014ZL014); 果树产业技术体系辽宁创新团队项目(LNGSCYTX-13/14)

作者简介: 孙丽娜, 女, 1983 年 9 月生, 山东聊城人, 博士, 助理研究员, 研究方向为果树害虫综合防治及农药毒理学, E-mail: sunlina@caas.cn

\* 通讯作者 Corresponding author, E-mail: guoshu2008@163.com

收稿日期 Received: 2014-08-09; 接受日期 Accepted: 2014-12-03

苹小卷叶蛾 *Adoxophyes orana beijingsensis* Zhou et Fu 属鳞翅目,卷叶蛾科,寄主广泛,主要危害苹果、桃、杏、李、樱桃、山楂、梨、柑橘、茶、榆、杨、棉花等 30 多种果树、林木和其他作物。幼虫取食幼叶、花和果实,幼虫常吐丝缀连叶片,潜居缀叶中食害,因而造成卷叶;除卷叶为害外,还能潜伏于叶与果,或果与果相接的地方,舐食果面(何振昌, 1997)。且幼虫有转果为害习性,一头幼虫可转果为害 6 ~ 8 果,甚至能啃食套塑膜袋进而为害果实(王建斌等, 2005; 段喜涵, 2014)。因此,严重影响果品产量和品质。近年来,随着果树产业结构的调整,果树种类增多,该虫在我国北方果区发生为害逐渐加重,为害果树种类及面积也不断扩大(胡雅辉等, 2009; 吕兴等, 2013)。有关苹小卷叶蛾研究主要集中于生物学特性观察、发生规律调查、自然天敌控制、性信息素研发与应用、防治药剂筛选和综合防治措施等方面(李师昌, 2005; Hilton and Winstanley, 2008; Jakab et al., 2009; 何亮等, 2009; Damos and Savopoulou-Soultani, 2010; 甄晶博等, 2013)。

寄主植物是影响昆虫种群动态变化的一个重要因子,对可取食为害多种植物的昆虫来说,当几种寄主植物同时存在时其取食为害具有一定的选择性,取食不同寄主植物可以对其生长发育和种群增长产生影响。有关寄主植物对果树害虫的影响已有一些研究报道,李定旭等(2005)用叶蝶法研究苹果、桃、李、樱桃和杏等不同果树对山楂叶螨生长发育和繁殖的影响,结果发现在李树上山楂叶螨的发育历期短、生殖力强,存活率高、内禀增长率  $r_m$  值大;李定旭等(2012)还发现,桃小食心虫的生长发育和繁殖在不同寄主植物间存在显著差异,净增殖率  $R_0$  以枣上最大,平均世代周期  $T$  以梨和苹果上最长,内禀增长率  $r_m$  以李上为最高;杨小凡(2013)研究认为桃、梨、苹果、李、杏、油桃 6 种寄主植物对梨小食心虫的生长发育和繁殖均有影响,梨、苹果和油桃为其最适寄主,李和桃次之,杏适宜程度相对最差。然而不同种类果树对苹小卷叶蛾生长发育及繁殖影响的研究尚未见报道。为了深入了解苹小卷叶蛾在不同寄主植物上的种群动态,本实验以苹果、桃、李和杏的叶片为食料,应用生命表技术较系统地研究了 4 种不同寄主植物对苹小卷叶蛾生长发育、存活和繁殖等生物学特性的影响,为该虫的预测预报和综合防治提供一定的理论依据。

# 1 材料与方法

## 1.1 供试植物

选取桃 *Amygdalus persica*、苹果 *Malus pumila*、李 *Prunus salicina*、杏 *Armeniaca vulgaris* 等果树的新鲜叶片作为供试寄主材料,采摘叶片均为未施药的各寄主果树枝条顶端完全展开的新鲜叶片。实验所用寄主植物叶片均采自中国农业科学院果树研究所温室中盆栽植株。

表 1 实验中所用寄主植物  
Table 1 Host plants used in this study

| 寄主植物 Host plants                        | 品种 Varieties      |
|-----------------------------------------|-------------------|
| 桃 Peach ( <i>Amygdalus persica</i> )    | 艳光 Yanguang       |
| 苹果 Apple ( <i>Malus pumila</i> )        | 富士 Fuji           |
| 李 Plum ( <i>Prunus salicina</i> )       | 黑宝石 Black Diamond |
| 杏 Apricot ( <i>Armeniaca vulgaris</i> ) | 凯特 Katy apricot   |

## 1.2 供试虫源

从不同寄主植物上采集苹小卷叶蛾幼虫,在实验室内用对应寄主植物叶片饲养 2 代,以获得的成虫作为供试虫源,使其产卵于与饲养寄主植物相同的寄主植物叶片上。实验中所采用的卵均为产后 6 h 以内,每次收集到的卵随即进行试验。

## 1.3 幼虫发育观察

每个处理 60 粒卵,3 次重复,卵孵化当天,用小毛笔轻轻把苹小卷叶蛾初孵幼虫挑入玻璃培养皿(直径 7 cm)内,每皿 1 头,皿内放 1 片新鲜叶片,盖上皿盖。每天 8:00 和 20:00 时观察 2 次,记录卵的孵化、幼虫存活、龄期、化蛹、羽化等数据,同时补加被吃光或更换腐烂的叶片。并于蛹期称重,计算每头蛹的平均重量(mg)。

## 1.4 成虫产卵及卵期观察

把成虫放进养虫笼内使其进行交尾,取正在交尾的成虫 30 对,每对放入一个内垫塑料纸的产卵盒内(12 cm × 12 cm × 12 cm,一面是纱网),并放入浸有 15% 蜂蜜水的棉球供成虫取食。每天 10:00 时观察记录成虫存活、产卵数量。成虫产卵于塑料纸上,每天标记产卵日期。取 6 h 内产下的卵块,放置在玻璃培养皿内,盖上皿盖,置于人工气候箱内,观察卵的孵化。所有实验均于 26 ± 1℃, RH 80% ± 5%,光周期 16L: 8D 条件下进行。

## 1.5 数据分析

### 1.5.1 种群参数计算方法:对不同寄主上所产卵的

孵化进行追踪观察,记录每一虫态开始至结束的活虫数、死亡数,并计算死亡率,组建生命表。计算其在不同寄主植物上的种群动态参数:净增殖率  $R_0 = \sum l_x m_x$ ;世代平均周期  $T = \sum x l_x m_x / R_0$ ;内禀增长率  $r_m = \ln R_0 / T$ ;周限增长率  $\lambda = e^{r_m}$ ;种群加倍时间  $Dt = \ln 2 / r_m$ 。式中  $l_x$  是任一个体在  $x$  期间存活概率,  $m_x$  表示  $x$  期间平均每雌产雌数。对种群净增殖率( $R_0$ )、世代平均周期( $T$ )、内禀增长率( $r_m$ )、周限增长率( $\lambda$ )、种群加倍时间( $Dt$ )进行计算分析(丁岩钦, 1994)。

**1.5.2 数据统计分析:**采用 IBM SPSS Statistics 20.0分析系统,各处理平均数经过方差分析后,用 Duncan 氏新复极差法进行差异显著性分析 ( $P < 0.05$ );不同寄主间卵孵化率、幼虫存活率、蛹的羽化率及全世代存活率的差异比较采用卡方检验 (Chi-square test)。

2 结果与分析

2.1 4 种寄主植物对苹小卷叶蛾发育历期的影响

不同寄主植物对苹小卷叶蛾卵期、幼虫期、蛹期、成虫寿命、全世代等发育历期及蛹重影响如表 2

所示。在 4 种不同寄主植物中,苹小卷叶蛾卵在桃叶上的发育历期最短,为  $5.21 \pm 0.85$  d;在杏上发育历期最长,为  $6.75 \pm 0.82$  d;但卵在苹果和李上发育历期无显著差异。然而,取食 4 种寄主植物后幼虫的发育历期均存在显著差异,其中在桃上最短,为  $15.96 \pm 1.17$  d;在李上最长,为  $19.77 \pm 3.14$  d。蛹期则以杏上最短,为  $5.56 \pm 1.11$  d,显著短于其余 3 种寄主植物上。统计苹小卷叶蛾从卵发育到蛹的历期 ( $F = 120.470, df = 425, P < 0.05$ ),该虫在桃、苹果、杏、李上的发育历期依次增长,分别为  $27.07 \pm 1.63$  d,  $28.39 \pm 1.49$  d,  $30.38 \pm 2.61$  d 和  $31.78 \pm 2.05$  d,且不同寄主之间均存在显著差异。此外,在不同寄主植物上饲养的苹小卷叶蛾其蛹重也表现出明显的差异,其中以桃叶饲养的幼虫化蛹最重 ( $28.25 \pm 5.80$  mg),而以李子叶饲养的幼虫化蛹最轻,仅  $17.93 \pm 4.64$  mg。在幼虫期取食桃叶片对成虫的寿命影响较大,其平均存活时间最长可达  $7.97 \pm 1.46$  d;取食李子叶片,成虫寿命次之,为  $6.50 \pm 0.92$  d;在杏上,成虫寿命最短。因苹小卷叶蛾在取食不同寄主植物后各个发育历期的差异,导致该虫在 4 种寄主植物上的全世代周期存在较为显著的差异,在苹果、桃、杏、李上全世代周期逐渐增长。

表 2 苹小卷叶蛾在 4 种寄主植物上发育历期(d)、成虫寿命(d)和蛹重(mg)

| Table 2 Developmental duration (d), adult longevity (d) and pupal weight (mg/pupa) of <i>Adoxophyes orana</i> on four host plants |                       |                           |                         |                            |                               |                                    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|---------------------------|-------------------------|----------------------------|-------------------------------|------------------------------------|
| 寄主植物<br>Host plants                                                                                                               | 卵期(d)<br>Egg duration | 幼虫期(d)<br>Larval duration | 蛹期(d)<br>Pupal duration | 成虫寿命(d)<br>Adult longevity | 全世代(d)<br>Generation duration | 蛹重(mg/蛹)<br>Pupal weight (mg/pupa) |
| 桃 Peach                                                                                                                           | 5.22 ± 0.84 c         | 15.96 ± 1.17 d            | 6.02 ± 0.92 a           | 7.97 ± 1.46 a              | 35.19 ± 1.72 c                | 28.25 ± 5.80 a                     |
| 苹果 Apple                                                                                                                          | 5.77 ± 0.89 b         | 16.72 ± 1.18 c            | 6.00 ± 1.09 a           | 5.86 ± 1.29 c              | 34.44 ± 1.61 d                | 22.58 ± 4.54 b                     |
| 李 Plum                                                                                                                            | 6.00 ± 0.58 b         | 19.77 ± 3.14 a            | 6.21 ± 1.07 a           | 6.50 ± 0.92 b              | 38.37 ± 2.94 a                | 17.93 ± 4.64 d                     |
| 杏 Apricot                                                                                                                         | 6.75 ± 0.82 a         | 17.89 ± 2.37 b            | 5.56 ± 1.11 b           | 5.50 ± 0.86 c              | 36.03 ± 2.24 b                | 20.28 ± 3.81 c                     |
| F                                                                                                                                 | 117.212               | 80.511                    | 6.554                   | 95.893                     | 58.456                        | 30.559                             |
| df                                                                                                                                | 719                   | 449                       | 425                     | 401                        | 401                           | 425                                |
| P                                                                                                                                 | <0.05                 | <0.05                     | <0.05                   | <0.05                      | <0.05                         | <0.05                              |

表中数据为平均值 ± 标准差; 同列数据后标有不同小写字母表示经 Duncan 氏新复极差法检验差异显著 ( $P < 0.05$ )。表 3 和 4 同。Data are mean ± SD, and those in the same column followed by different small letters are significantly different ( $P < 0.05$ ) by Duncan's new multiple range test. The same for Tables 3 and 4.

2.2 4 种寄主植物对苹小卷叶蛾各虫态存活的影响

由表 3 可以看出,取食桃、苹果、李、杏 4 种不同的寄主植物叶片,苹小卷叶蛾卵的孵化率无显著差异,分别为 85.00%, 83.33%, 81.67% 和 81.11%; 幼虫的化蛹率也无显著差异,分别为 93.33%, 94.87%, 90.32% 和 97.14%。但幼虫存活率存在显著差异,取食桃叶的最高,为 88.23%;取食苹果叶的次之,为 78.00%;取食李子叶的幼虫存活率最低,为 63.26%。幼虫期取食杏叶的苹小卷叶蛾其羽化率最低,为 88.24%。苹小卷叶蛾在整个生长

周期,主要受幼虫存活率的影响,导致取食桃叶和苹果树叶片的苹小卷叶蛾全世代的存活率显著高于取食李子叶和杏叶的卷叶蛾。

根据表 2 和表 3 的结果结合幼虫各个龄期的存活率可以得出苹小卷叶蛾在不同寄主植物上的存活率曲线(图 1)。由图 1 可以看出,苹小卷叶蛾在 4 种寄主植物上卵孵化后期初孵幼虫前期死亡率较高,存活曲线下降幅度较大。羽化后成虫期死亡率变化更快,存活曲线骤然下降。相比较而言,各寄主上幼虫期死亡率、化蛹率变化不大,均呈现平稳的变化趋势。

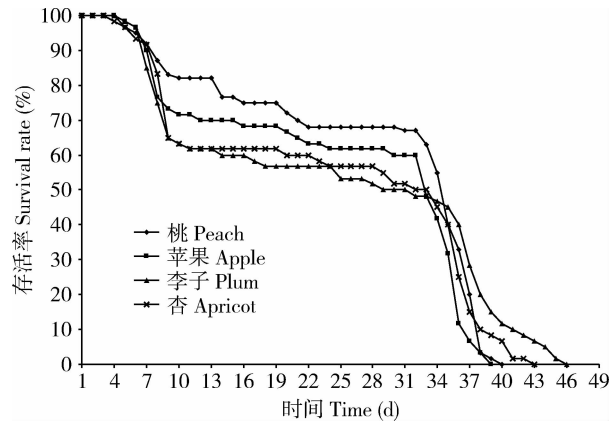


图1 苹小卷叶蛾在4种寄主植物上的存活率曲线  
Fig. 1 Survival curves of *Adoxophyes orana* on four host plants

表3 苹小卷叶蛾在4种寄主植物上的存活情况  
Table 3 Survivorship of *Adoxophyes orana* on four host plants

| 寄主植物<br>Host plants | 卵孵化率(%)<br>Egg hatchability | 幼虫存活率(%)<br>Survival rate of larvae | 化蛹率(%)<br>Pupation rate | 羽化率(%)<br>Emergence rate | 世代存活率(%)<br>Survival rate from egg to adult |
|---------------------|-----------------------------|-------------------------------------|-------------------------|--------------------------|---------------------------------------------|
| 桃 Peach             | 85.00 a                     | 88.23 a                             | 93.33 a                 | 97.62 a                  | 67.78 a                                     |
| 苹果 Apple            | 83.33 a                     | 78.00 b                             | 94.87 a                 | 97.30 a                  | 60.00 a                                     |
| 李 Plum              | 81.67 a                     | 63.26 d                             | 90.32 a                 | 96.43 a                  | 45.00 b                                     |
| 杏 Apricot           | 81.11 a                     | 71.43 c                             | 97.14 a                 | 88.24 b                  | 50.00 b                                     |
| $\chi^2$            | 1.169                       | 26.833                              | 4.333                   | 13.329                   | 22.711                                      |
| <i>P</i>            | 0.760                       | <0.05                               | 0.228                   | <0.05                    | <0.05                                       |

表中数据为平均值±标准差; 同列数据后标有不同小写字母表示经卡方检验差异显著( $P<0.05$ )。Data are mean±SD, and those in the same column followed by different small letters are significantly different ( $P<0.05$ ) by Chi-square test.

表4 4种寄主植物上苹小卷叶蛾雌蛾的发育和繁殖情况  
Table 4 Development and fecundity of *Adoxophyes orana* on four host plants

| 寄主植物<br>Host plants | 产卵前期(d)<br>Pre-oviposition duration | 产卵历期(d)<br>Oviposition duration | 产卵量(粒/雌)<br>Fecundity<br>(number of eggs laid per female) |
|---------------------|-------------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------------------------------|
| 桃 Peach             | 2.40±0.60 a                         | 5.23±1.38 a                     | 96.15±27.63 a                                             |
| 苹果 Apple            | 2.38±0.50 ab                        | 4.25±0.93 b                     | 85.94±11.74 b                                             |
| 李 Plum              | 2.17±0.58 bc                        | 4.50±0.90 b                     | 85.33±18.49 b                                             |
| 杏 Apricot           | 2.08±0.28 c                         | 3.62±0.87 c                     | 68.15±19.56 c                                             |
| <i>F</i>            | 4.424                               | 16.728                          | 14.364                                                    |
| <i>df</i>           | 182                                 | 182                             | 182                                                       |
| <i>P</i>            | <0.05                               | <0.05                           | <0.05                                                     |

2.4 苹小卷叶蛾在不同寄主植物上实验种群生命表参数

根据在桃、苹果、李、杏等4种不同的寄主植物所观察的种群生殖力情况,计算出种群的净增殖率( $R_0$ )、世代平均周期( $T$ )、内禀增长率( $r_m$ )、周限增

2.3 不同的寄主植物对苹小卷叶蛾成虫繁殖影响  
桃、苹果、李、杏4种不同的寄主植物对苹小卷叶蛾雌蛾产卵前期、产卵历期及每雌产卵量均有影响(表4)。以桃叶和苹果叶为寄主的苹小卷叶蛾,其雌成虫产卵前期无显著差异,但以桃叶为寄主的苹小卷叶蛾其产卵前期显著长于以李子叶和杏叶为寄主。生长过程中取食桃叶片的苹小卷叶蛾的产卵历期最长,为 $5.23\pm1.38$  d,每雌平均产卵量最多,为 $96.15\pm27.63$ 粒;取食杏叶片的苹小卷叶蛾的产卵历期最短,为 $3.62\pm0.87$  d,且每雌平均产卵量最少,为 $68.15\pm19.56$ 粒。表明桃树和苹果树有利于苹小卷叶蛾种群的繁殖。

长率( $\lambda$ )和种群加倍时间( $Dt$ )。从表5可以看出,以桃叶为寄主的卷叶蛾其净增殖率和内禀增长率分别比苹果上高4.19和0.0070,但差异不显著;此外,两种寄主植物上苹小卷叶蛾其他3个生命参数差异也不显著。内禀增长率即最大瞬时增长速率,能全面准确地反映出种群生长发育、繁殖和存活情况,是衡量种群数量增长的重要参数。在 $26\pm1^{\circ}\text{C}$ , RH 80%±5%,光周期16L:8D,食物充足的适宜条件下,具有稳定年龄组配的苹小卷叶蛾种群,经桃叶饲养的苹小卷叶蛾的最大瞬时增长速率为0.0953,每经过一个世代种群增殖最大23.20倍,一个世代的平均历期为最短(32.88 d),每经过1 d种群数量增长最大(1.1000倍)。根据实验结果,在寄主植物李和杏上,苹小卷叶蛾的净增殖率、内禀增长率和周限增长率均低于桃和苹果,而世代平均周期和种群加倍时间均高于桃和苹果,故苹小卷叶蛾在李和杏树上发育繁殖适宜度低于在桃和苹果树上。

表 5 苹小卷叶蛾在 4 种寄主植物上的种群生命表参数

| Table 5 Population dynamic parameters of <i>Adoxophyes orana</i> on four host plants |                                     |                                    |                                           |                                            |                              |
|--------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------------|--------------------------------------------|------------------------------|
| 寄主植物<br>Host plants                                                                  | 净增殖率 $R_0$<br>Net reproductive rate | 世代平均周期 $T$<br>Mean generation time | 内禀增长率 $r_m$<br>Intrinsic rate of increase | 周限增长率 $\lambda$<br>Finite rate of increase | 种群加倍时间 $Dt$<br>Doubling time |
| 桃 Peach                                                                              | 23.20 ± 4.11 a                      | 32.88 ± 0.15 c                     | 0.0953 ± 0.0052 a                         | 1.1000 ± 0.0057 a                          | 7.29 ± 0.39 b                |
| 苹果 Apple                                                                             | 19.01 ± 3.08 ab                     | 33.26 ± 0.55 c                     | 0.0883 ± 0.0041 a                         | 1.0923 ± 0.0045 a                          | 7.87 ± 0.38 b                |
| 李 Plum                                                                               | 14.49 ± 2.04 bc                     | 35.72 ± 0.49 a                     | 0.0747 ± 0.0034 b                         | 1.0775 ± 0.0037 b                          | 9.30 ± 0.42 a                |
| 杏 Apricot                                                                            | 11.66 ± 1.89 c                      | 34.51 ± 1.04 b                     | 0.0708 ± 0.0030 b                         | 1.0735 ± 0.0031 b                          | 9.79 ± 0.48 a                |

3 讨论

昆虫种群的生长发育与繁殖受到多方面因素的影响。对于害虫来说,寄主植物的种类与特性对其生长繁衍起着关键性的作用,不同的寄主植物能够通过 对害虫生长发育和繁殖的影响进而对其生活史特点造成显著影响,这在很多研究中已经得到证实(王荣富等, 2000; 李定旭等, 2005; 李伟等, 2009; 李定旭等, 2012; 罗进仓等, 2012)。本研究结果显示,苹小卷叶蛾幼虫的发育历期在寄主植物桃上最短,雌蛾寿命桃上最长,产卵量以桃上最大,幼虫期的存活率桃上最高,其次为苹果上,李上最低,全世代的存活率遵循幼虫期的规律;生命表中净增殖率以桃和苹果上较高,杏上最低,内禀增长率  $r_m$  同样以桃和苹果上较高,种群加倍时间  $Dt$  则以李、杏上较长。该结果表明在桃和苹果上比较适宜苹小卷叶蛾生长发育、种群繁殖及存活。

研究表明叶片的物理性状、营养价值、有毒物质的含量等都会直接影响到害虫的生长发育和存活(庞保平等, 2004; 戴小华等, 2011; 丁识伯等, 2012; 席博等, 2013)。根据本实验结果,4 种寄主植物对于苹小卷叶蛾各虫态的发育有不同程度的影响,其中每种寄主植物对幼虫存活率、幼虫发育历期、全世代历期及蛹重均存在明显差异。如桃和苹果上幼虫的存活率显著高于李和杏上,这可能与寄主植物中存在对苹小卷叶蛾有毒的物质有关。苹小卷叶蛾从卵到蛹的发育历期在桃、苹果、杏、李上依次增长,但蛹重并不与发育时间成正比。相反,幼虫期取食桃、苹果、李、杏叶片后的蛹重依次降低。可见,影响苹小卷叶蛾生长发育的营养成分在 4 种寄主植物中亦存在显著不同。而根据雌蛾产卵量推断这些营养成分与成虫的繁殖密切相关。然而 4 种寄主植物叶片的物理性状、有毒物质及营养成分是否影响苹小卷叶蛾生长发育及存活的研究尚未见报道。

苹小卷叶蛾在寄主植物桃和苹果上的幼虫发育历期较短,幼虫存活率较高,幼虫化蛹后重量较大,以及在桃和苹果上的世代存活率都较高,这些特性与我国报道的苹小卷叶蛾对桃、苹果的危害较重相吻合(胡雅辉等, 2009; 段喜涵, 2014)。但苹小卷叶蛾在田间和室内的生长发育仍存在一定差异。据段喜涵(2014)报道,苹小卷叶蛾在苹果园中幼虫期为 18 ~ 26 d,蛹期 6 ~ 9 d。羽化 2 ~ 3 d 后产卵,卵多产在叶面,卵期 6 ~ 10 d,本实验结果与该报道基本一致。田间对桃园苹小卷叶蛾的调查发现,在夏初(日平均温度 25.4℃,相对湿度 45.2%)该害虫幼虫期平均为 15 d,成虫期平均为 3 d,完成一个世代约 25 d(胡雅辉等, 2009)。而本实验中在寄主植物桃上一个世代(包含成虫期)平均为 35.19 d,与胡雅辉等(2009)报道存在一定的差异,分析主要原因可能是:胡雅辉等(2009)实验为田间观察实验,本实验在室内以离体叶片饲养,田间环境比较复杂、变化较大,室内实验条件设置比较恒定,环境相对比较的单一;另一方面,离体饲喂所用桃的叶片生理上的变化,可能导致了苹小卷叶蛾幼虫、成虫发育历期长。具体的原因尚不明确,仍需要进一步深入的研究。

关于苹小卷叶蛾生命表的研究国内外鲜有报道。Milonas 和 Savopoulou-Soultani (2000) 研究表明,随着温度的升高,幼虫、蛹、成虫的发育历期逐渐缩短,低温下产卵期长,产卵量少,较高温度下产卵量仍较大,且比较集中,世代历期缩短,所以,这种情况对种群数量的增长是有利的, $r_m$  正从一个侧面反映了这种现象。净增殖率、内禀增长率、种群加倍时间在特定的环境条件下可以直接反映种群增长的能力,但对于种群增长的贡献不同(Krips *et al.*, 1998)。在本研究中,在寄主植物桃、苹果上苹小卷叶蛾世代存活率分别为 67.78% 和 60.00%,显著高于在李和杏上的存活率;产卵量分别为 96.17 粒/雌和 85.94 粒/雌,导致了苹小卷叶蛾在桃、苹果上具有较高的净增殖率,且在两种寄主上差异不显著,从

而使苹小卷叶蛾在两种寄主上的世代平均周期、内禀增长率、周限增长率和种群加倍时间均无显著差异,说明苹小卷叶蛾对桃和苹果两种寄主植物的为害程度基本一致。而在桃、苹果上种群加倍时间低于李和杏上,与此害虫在桃、苹果上的幼虫存活率高、世代存活率高、全世代周期短、产卵量高均有一定相关性,此特性也说明苹小卷叶蛾对桃、苹果的危害较重,这一点在我国部分地区果园得到证实(胡雅辉等, 2009; 段喜涵, 2014)。而有关李、杏上苹小卷叶蛾危害情况报道较少,但李、杏上苹小卷叶蛾的内禀增长率分别高达 0.0747 和 0.0708,仅比苹果上分别低 0.0136 和 0.0175,说明在李、杏上苹小卷叶蛾仍具有很高的潜在危害性,在其生产过程中仍要引起高度的重视。

寄主是影响昆虫发生发展的重要因素之一,在自然条件下温度、湿度、光照等也是影响昆虫种群变化的重要因素,且诸因素共同存在相互影响(张汉鹄等, 1986; Milonas and Savopoulou-Soultani, 2000)。本研究仅为室内实验,虽然一定程度上反映了不同寄主植物苹小卷叶蛾发育繁殖情况,但与果树田间生产中还存在一定差异。以此为基础,开展综合因素对苹小卷叶蛾的影响及该害虫对不同寄主植物选择方面的特性及机制等均有待进一步研究。

致谢 感谢山东省果树研究所孙瑞红研究员在苹小卷叶蛾饲养过程中给予的技术指导。

## 参考文献 (References)

- Dai XH, Zhu CD, Xu JS, Liu RL, Wang XX, 2011. Effects of physical leaf features of host plants on leaf-mining insects. *Acta Ecologica Sinica*, 31(5): 1440–1449. [戴小华, 朱朝东, 徐家生, 刘仁林, 王学雄, 2011. 寄主植物叶片物理性状对潜叶昆虫的影响. 生态学报, 31(5): 1440–1449]
- Damos PT, Savopoulou-Soultani M, 2010. Development and statistical evaluation of models in forecasting moth phenology of major lepidopterous peach pest complex for integrated pest management programs. *Crop Protection*, 29(10): 1190–1199.
- Ding SB, Zeng Z, Yan FM, Jiang JW, 2012. The development and life table parameters of *Nilaparvata lugens* (Stål) feeding on nine rice varieties. *Acta Phytophylacica Sinica*, 39(4): 334–340. [丁识伯, 曾铮, 闫凤鸣, 蒋金炜, 2012. 褐飞虱在九个水稻品种上的生长发育和生命表参数. 植物保护学报, 39(4): 334–340]
- Ding YQ, 1994. *Mathematical Ecology of Insects*. Science and Technology Press, Beijing. 256–315. [丁岩钦, 1994. 昆虫数学生态学. 北京: 科学技术出版社. 256–315]
- Duan XH, 2014. Outbreak and control of the summer fruit tortrix moth (*Adoxophyes orana*) in apple orchards. *Northwest Horticulture*, (1): 24–25. [段喜涵, 2014. 苹果园苹小卷叶蛾的发生与防治. 西北园艺, (1): 24–25]
- He L, Qin YC, Zhu PX, 2009. Trapping effect of the mixture of sugar-acetic acid-ethanol to oriental fruit moth (*Grapholitha molesta*) and smaller apple leaf roller (*Adoxophyes orana*). *Chinese Bulletin of Entomology*, 46(5): 736–739. [何亮, 秦玉川, 朱培祥, 2009. 糖醋酒液对梨小食心虫和苹果小卷叶蛾的诱杀作用. 昆虫知识, 46(5): 736–739]
- He ZC, 1997. A Colored Pictorial Handbook of Agricultural Pests in Northern China. Liaoning Science and Technology Press, Shenyang. 212–213. [何振昌, 1997. 中国北方农业害虫原色图鉴. 沈阳: 辽宁科学技术出版社. 212–213]
- Hilton S, Winstanley D, 2008. Genomic sequence and biological characterization of a nucleopolyhedrovirus isolated from the summer fruit tortrix, *Adoxophyes orana*. *Journal of General Virology*, 89(11): 2898–2908.
- Hu YH, Zhang XF, Zhang QW, Zhao ZW, 2009. The occurrence regulation and control of the summer fruit tortrix moth (*Adoxophyes orana*) and oriental fruit moth (*Grapholitha molesta*) in peach orchard. *Chinese Bulletin of Entomology*, 46(5): 727–731. [胡雅辉, 张夏芳, 张青文, 赵章武, 2009. 梨小食心虫和苹小卷叶蛾在桃园的发生规律与防治. 昆虫知识, 46(5): 727–731]
- Jakab ZS, Platon I, Gansca L, 2009. Researches concerning the pheromonal control of summer fruit tortrix moth (*Adoxophyes Orana*, Hb) using the biotechnique "attract and kill". *Horticulture*, 66: 633–644.
- Krips OE, Witul A, Willems PEL, Dicke M, 1998. Intrinsic rate of population increase of the spider mite *Tetranychus urticae* on the ornamental crop gerbera; intraspecific variation in host plant and herbivore. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 89(2): 159–168.
- Li DX, Hou YL, Shen ZR, 2005. Influence of host plant species on the development and reproduction of hawthorn spider mite *Tetranychus viennensis* Zacher. *Acta Ecologica Sinica*, 25(7): 1562–1568. [李定旭, 侯月利, 沈佐锐, 2005. 不同寄主植物对山楂叶螨生长发育和繁殖的影响. 生态学报, 25(7): 1562–1568]
- Li DX, Lei XH, Li Z, Gao LW, Shen ZR, 2012. Effects of different host plants on the development and reproduction of the peach fruit borer, *Carposina sasakii* Matsumura (Lepidoptera: Carposinidae). *Acta Entomologica Sinica*, 55(5): 554–560. [李定旭, 雷喜红, 李政, 高灵旺, 沈佐锐, 2012. 不同寄主植物对桃小食心虫生长发育和繁殖的影响. 昆虫学报, 55(5): 554–560]
- Li SC, Sun XM, Yang XB, Liu XF, Liu SY, Wang AX, 2005. Release of *Trichogramma dendrolimi* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) to control *Adoxophyes orana* (Lepidoptera: Tortricidae). *China Fruits*, (4): 33–34. [李师昌, 孙学明, 杨兴波, 刘晓芬, 刘胜元, 王爱兴, 2005. 松毛虫赤眼蜂防治苹果小卷叶蛾试验. 中国果树, (4): 33–34]
- Li W, Guo HF, Wang RF, Liu BS, Zhong WF, Fang JC, 2009. Comparison of the life tables of *Laodelphax striatellus* (Homoptera: Delphacidae) on different host plants. *Acta Entomologica Sinica*, 52

(5): 531–536. [李伟, 郭慧芳, 王荣富, 刘宝生, 钟万芳, 方继朝, 2009. 不同寄主植物上灰飞虱种群生命表的比较. 昆虫学报, 52(5): 531–536]

Lü X, Li J, Cao KQ, Wang QY, 2013. Investigation of the overwintering developmental stage and dynamic monitoring of adult for *Adoxophyes orana* in Baoding. *China Plant Protection*, 33(8): 48–50. [吕兴, 李进, 曹克强, 王勤英, 2013. 保定地区苹小卷叶蛾越冬虫态调查及成虫发生动态监测. 中国植保导刊, 33(8): 48–50]

Luo JC, Liu CZ, Zhou ZX, 2012. A comparative study of development and reproduction of the Colorado potato beetle, *Leptinotarsa decemlineata* (Say) (Coleoptera: Chrysomelidae), on different host plants. *Acta Entomologica Sinica*, 55(1): 84–90. [罗进仓, 刘长仲, 周昭旭, 2012. 不同寄主植物上马铃薯甲虫种群生长发育的比较研究. 昆虫学报, 55(1): 84–90]

Milonas PG, Savopoulou-Soultani M, 2000. Development, survivorship, and reproduction of *Adoxophyes orana* (Lepidoptera: Tortricidae) at constant temperatures. *Annals of the Entomological Society of America*, 93(1): 96–102.

Pang BP, Zhou XR, Shi L, Mu HB, 2004. Performance of *Tetranychus truncatus* Ehara (Acarina: Tetranychidae) reared with different host plants. *Acta Entomologica Sinica*, 47(1): 55–58. [庞保平, 周晓榕, 史丽, 穆洪波, 2004. 不同寄主植物对截形叶螨生长发育及繁殖的影响. 昆虫学报, 47(1): 55–58]

Wang JB, Dong YC, Yin WQ, Yao CW, 2005. The damage and control of *Adoxophyes orana* in apple with bagging. *China Fruits*, (5): 45–46. [王建斌, 董应超, 尹文强, 姚成万, 2005. 苹果小卷叶蛾对套塑膜袋苹果的危害及其防治. 中国果树, (5): 45–46]

Wang RF, Zhang CL, Zou YD, Lü L, Cheng XN, 2000. Effect of rice variety resistance on population dynamics of *Nilaparvata lugens* and *Sogatella furcifera*. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 11(6): 861–865. [王荣富, 张成林, 邹运鼎, 吕亮, 程遐年, 2000. 水稻品种抗性对褐飞虱和白背飞虱种群动态的影响. 应用生态学报, 11(6): 861–865]

Xi B, Zhang ZY, Hou YM, Shi ZH, 2013. Effects of host plants on the developmental duration, feeding and reproduction of the nipa palm hispid, *Octodonta nipae* (Coleoptera: Chrysomelidae). *Acta Entomologica Sinica*, 56(7): 799–806. [席博, 张秩勇, 侯有明, 石章红, 2013. 寄主植物对水椰八角铁甲发育历期、取食和繁殖的影响. 昆虫学报, 56(7): 799–806]

Yang XF, 2013. Effect of Host Plant Factors on Occurrence and Growing Development and Oviposition Preference of *Grapholita molesta* Busck. MSc Thesis, Hebei Agricultural University, Baoding, Hebei. [杨小凡, 2013. 寄主因子对梨小食心虫的发生、生长发育及其产卵选择性的影响. 河北保定: 河北农业大学硕士学位论文]

Zhang HH, Zhen JM, Zhou CM, 1986. Biology of the small tea roller and its integrated control. *Journal of Anhui Agricultural University*, (1): 33–43. [张汉鹄, 詹家满, 周崇明, 1986. 茶小卷叶蛾生物学与综合防治研究. 安徽农业大学学报, (1): 33–43]

Zhen JB, Tang JL, Huo YQ, 2013. Study on the decision support system for monitoring small leaf rollers on apple trees in Shaanxi province. *Journal of Agricultural Mechanization Research*, 35(5): 33–36. [甄晶博, 唐晶磊, 霍英秋, 2013. 陕西苹果小卷叶蛾虫害疫情监测决策支持系统研究. 农机化研究, 35(5): 33–36]

(责任编辑: 袁德成)